

京都大学工学部

学生員 ○古田 康平

京都大学防災研究所

正会員 山口 弘誠

京都大学防災研究所

正会員 中北 英一

1. 本研究の背景・目的

近年、記録的な集中豪雨による災害が頻繁に発生しており、より高精度な降水予測情報が求められる。特に、防災の観点から実用的に求められる定量的降水予測のスケールは、メソ β スケールと呼ばれる空間的 20km~200km, 時間的に数時間先~12 時間先程度であり、大気モデルに適切な初期値を与えることが予測精度の向上に大きく影響する。その手法として観測値のデータ同化が有効である。

さて、積乱雲スケールの短時間降水予測におけるデータ同化には、空間的・時間的に高解像の観測値が求められており、気象レーダー観測は大変有効である。また、偏波レーダーは降水粒子種類を比較的高精度で判別することができる(中北ら¹⁾)ため、この降水粒子種類情報をモデルに同化することによって、予測精度向上が期待される。そこで山口ら²⁾は氷相降水粒子の混合比の存在比を同化する手法を提案したが大きな精度改善には至らなかった。

本研究では、偏波レーダー観測値(偏波パラメータ)からモデル変数である氷相降水粒子の混合比を推定する手法を開発し、その混合比を観測値として積乱雲スケールでの新しい氷相降水粒子の同化手法を提案し、短時間降水予測の精度向上を図る。

2. 氷相降水粒子の混合比の推定

混合比の導出までのフローチャートを図1に記す。

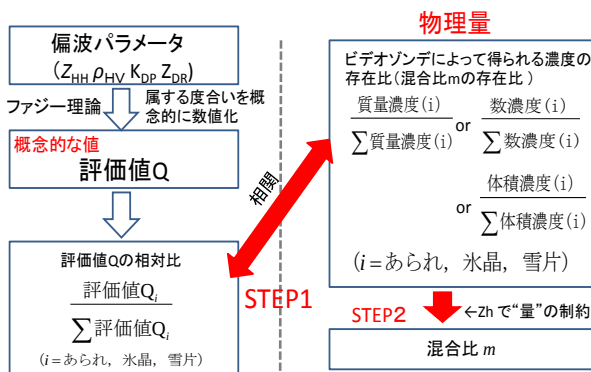


図1 偏波パラメータから混合比 m までのフローチャート

i) 使用したデータ

本研究では、C バンド偏波パラメータとモデル変数物理量(本研究では混合比)を結びつける観測演算子の開発のために、沖縄で実施した C バンド偏波レーダーとビデオゾンデの同期観測(中北ら¹⁾)のデータを用いた。ビデオゾンデ観測では、ビデオカメラを気球につり下げて雲の内部の降水粒子撮影することにより、貴重な雲の内部の降水粒子の種類、大きさ、形、数の直接観測値を得ることができる。

ii) 混合比の存在比の推定 (STEP1)

中北ら¹⁾は同期観測からファジー理論を用いて、入力値を 4 種の偏波パラメータとし、出力値として雨、あられ、氷晶、雪片の 4 種の評価値 Q を導出し、その大小により降水粒子種類を判別する手法を開発した。ここで、評価値 Q は降水粒子の属する度合いを概念的に数値化した値であり、その評価値 Q の相対関係から物理量である混合比の存在比を推定する。評価値 Q の相対比とビデオゾンデから得られる物理量である質量濃度、数濃度、体積濃度の存在比との相関係数、RMS 誤差より、評価値 Q の相対比と結びつける濃度の存在比を決定する。その結果、質量濃度の存在比を評価値 Q の相対比と同値であると定義した。さらに質量濃度の存在比を混合比の存在比に変換する。

iii) 混合比の推定 (STEP2)

レーダー反射因子 Z_{HH} により粒子種類別の混合比の和を制約することで、混合比の存在比から混合比を導く。この手法より C バンド偏波レーダーの観測値から氷相降水粒子の混合比が推定される(図2)。

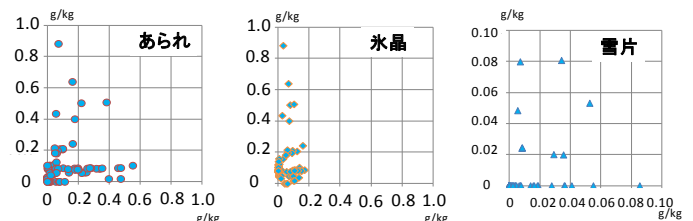


図2 混合比の推定精度検証(横軸: ビデオゾンデ、縦軸: レーダー)

推定混合比 m^{est} が観測混合比 m^{obs} を上回っている傾向が見られるが、ビデオゾンデによる直接観測混合比

m^{obs} は真値より過小傾向にあることから、妥当な結果である。混合比の推定精度向上は今後の課題であるが、本研究では幾分精度が粗くても推定した混合比を実際の事例に同化し降水予測精度向上への影響評価をする。

iv) 国交省 X バンド MP レーダへの適用

C バンドレーダーで構築した混合比推定手法をベースに、ファジー理論におけるメンバーシップ関数に改良を加え、国交省 X バンド MP レーダに適用する。

3. 氷相降水粒子混合比のデータ同化

i) 2012 年 7 月 15 日の京都豪雨

2012 年 7 月 15 日未明から明け方にかけて京都市や亀岡市で災害をもたらした豪雨事例を対象とする。この事例は六甲山から次々と積乱雲が発生し、メソ対流系を形成していた。(図 3)

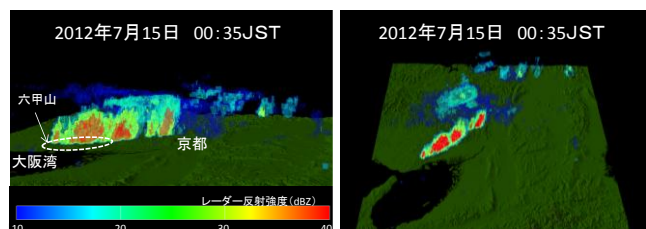


図 3 レーダー反射強度の 3 次元分布 (左: 南東から 右: 上空)

ii) 同化実験の設定

大気モデル CReSS (Cloud Resolving Storm Simulator) に、同化手法として局所アンサンブル変換カルマンフィルタ法 LETKF (Local Ensemble Transform Kalman Filter) を導入した雲解像アンサンブルデータ同化システム CReSS-LETKF³⁾ を用いる。CReSS の設定は水平解像度 1km, 鉛直方向にはストレッチングをかけ、平均 250m になるようにし、初期値、境界値には 15 日 00 時スタートの気象庁 GPV (MSM) データ、海面水温は気象庁の NERA-GOOS データを用いる。同化期間は 15 日 00 時から 15 日 01 時までとし、時間間隔は 1 ボリュームスキャンにかかる 5 分とする。データ同化に用いる観測値はドップラー風速、レーダー反射因子、あられ・氷晶・雪片それぞれの混合比であり、これらすべての観測値の同化 (ALL 同化) とドップラー風速とレーダー反射因子のみの同化 (dpv- Z_{HH} 同化) と同化なしを比較し考察する。

iii) 結果

15 日 01 時において、同化なしではメソ対流系が表現できなかったが、ALL 同化ではメソ対流系が表現でき、ALL 同化による予測精度向上がみられた(図 4)。また、ALL 同化の方が dpv- Z_{HH} 同化と比べてメソ対流系領域

におけるあられの混合比が多く、上昇気流、下降気流ともに強く表現されていた (図 5)。

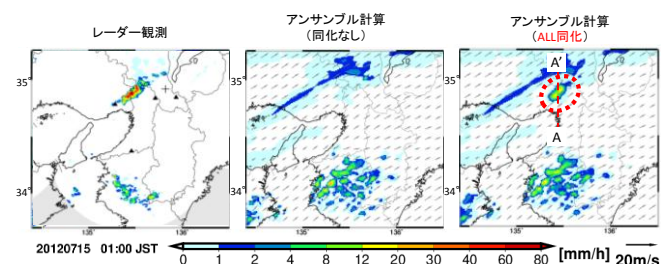


図 4 地上降水量の比較

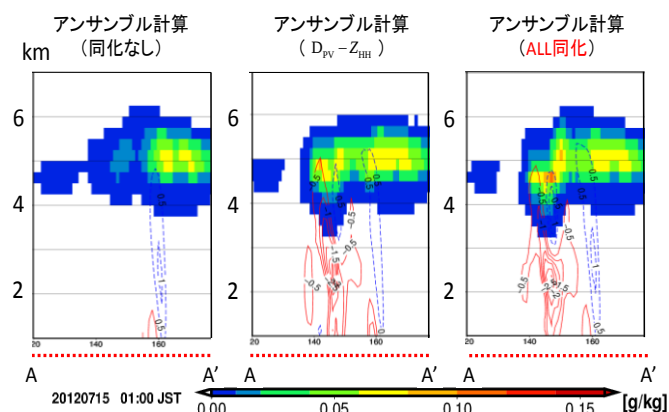


図 5 あられ混合比と鉛直風の鉛直分布 (赤: 下降流 青: 上昇流)

4. 結論

偏波レーダーから推定される降水粒子種類という定性的情報を同化する目的のもと、定量的な情報を加えるために氷相降水粒子の混合比の推定手法を開発し、データ同化することで降水予測に対する影響評価を行った。その結果、上昇気流などが上手く再現できるようになり、降水予測精度が向上することを示した。

参考文献

- 1) 中北英一, 山口弘誠, 隅田康彦, 竹畑栄伸, 鈴木賢士, 中川勝広, 大石哲, 出世ゆかり, 坪木和久, 大東忠保, 2009: 偏波レーダーとビデオゾンデの同期観測および降水粒子タイプ判別, 土木学会水工学論文集, 第 53 巻, pp. 361-366.
- 2) 山口弘誠, 中北英一, 2009: 偏波レーダー COBRA の観測情報を用いたあられ粒子数濃度の同化手法の提案, 土木学会水工学論文集, 第 53 巻, pp. 355-360.
- 3) Yamaguchi, K., and E. Nakakita, 2008: Ensemble Kalman Filter Assimilation of Doppler Radar Data Using the Cloud-Resolving Non-Hydrostatic Model with an Aim to Introduce Polarimetric Radar Data Assimilation, *Proc. of 7th International Symposium on Weather Radar and Hydrology*, 3 pp. in CD-ROM.